

Sujet de thèse

Directeur de thèse : Olivier Bousquet (LACy/Cyclones)

Exploitation de mesures océanographiques pour la modélisation océanique dans le cadre du programme STORM

Contexte

Un moyen désormais éprouvé de collecter des observations océanographiques consiste à utiliser des vecteurs d'origine animale (bio-logging) pour acquérir des données environnementales dans l'océan (température, salinité, luminosité, etc.), sur des périodes s'étalant de quelques jours à plusieurs années. Jusqu'à présent, ce sont surtout les phoques, et en particulier les éléphants de mer, qui ont été utilisés en raison de leur mobilité, de leur grande taille, et de leur capacité à plonger profondément et fréquemment dans la mer pour y collecter des profils hydrographiques. Les données collectées par ces animaux sont d'ailleurs exploitées en routine par l'observatoire Mammifères marins Echantillonneurs du Milieu Océanique (MEMO) et par le Centre Européen de Prévision Météorologiques à Moyenne Echéance (CEPMET) pour la prévision (assimilation de données) et la surveillance des océans, notamment dans les gyres polaires. Les éléphants de mer, et autres espèces apparentées, évoluant principalement aux hautes latitudes, les mesures environnementales par bio-logging sont, en revanche, extrêmement rares dans les océans tropicaux.

Le projet transdisciplinaire « Sea Turtles for Ocean Research and Monitoring » (STORM) vise à exploiter la technologie du bio-logging en région tropicale au moyen de tortues marines équipées de balises Argos et de capteurs environnementaux spécialement conçus pour échantillonner les propriétés de l'océan. Les premières mesures environnementales de ce type ont été initiées dès janvier 2019 par le LACy, le Centre d'Etude et de Découverte des Tortues Marines de la Réunion (CEDTM) et l'observatoire des tortues marines de La Réunion (Kelsonia), dans le cadre du programme de recherche INTERREG-V Océan Indien "ReNovRisk- Cyclones et Changement Climatique" (RNR-C3). Lors de cette expérimentation de nombreuses tortues caouannes et olivâtres (victimes de captures accidentelles ou blessées par des bateaux au voisinage de La Réunion) ont été recueillies et soignées par Kelsonia, puis équipées de balises Argos dotées de capteurs de température et de pression avant d'être remises en liberté depuis La Réunion. A ce jour 14 tortues ont été équipées à raison d'un animal par mois en moyenne, permettant de collecter plus de 60 000 données exploitables, jusqu'à des profondeurs de 350m. Huit animaux supplémentaires seront équipés entre les mois d'octobre 2020 et mars 2021 dans le cadre de ReNovRisk-Cyclones et du projet INSU/LEFE « Pre-STORM » (2020-2021).

Le sujet de thèse proposé vise à exploiter l'ensemble des données collectées dans le cadre de ces deux projets pour améliorer la modélisation numérique des océans via l'utilisation des configurations globale (développée et exploitée par Mercator Océan) et régionale (développée au LACy) du modèle d'océan NEMO.

Principales questions de recherche

La thèse proposée s'articule autour de deux questions de recherche principales :

1/ L'évaluation et l'amélioration de la représentation de la couche de mélange océanique (CMO) dans les modèles d'océan à différentes échelles spatio-temporelles

Le bassin SOOI est l'une des régions du globe où la variabilité atmosphérique intra-saisonnière est associée à la réponse océanique la plus élevée du fait de processus de couplage atmosphère-océan encore peu documentés. La forte prévalence des interactions océan-atmosphère à ces échelles de temps est principalement liée à la structure unique de la thermocline dans la région des Seychelles-Chagos, également connue sous le nom de Seychelles-Chagos Thermocline Ridge (SCTR). Dans cette région, siège de nombreuses cyclogenèses, la thermocline est particulièrement proche de la surface, ce qui favorise une forte réponse de la couche de mélange océanique (CMO) aux perturbations atmosphériques.

Une meilleure connaissance de la structure de la CMO, couplée à une évaluation précise de sa représentation dans les modèles numériques d'océan à des échelles spatiales jusqu'à présent inaccessibles à partir des réseaux d'observation actuels, permettra de comprendre, et de mieux prévoir, l'évolution de la CMO à court et moyen termes, ainsi que son impact sur les phénomènes météorologiques qui s'y développent (3 des tortues équipées en 2019/2020 ont évolué à proximité immédiate ou au sein de cyclones tropicaux). Cette thèse vise ainsi à obtenir une meilleure description de la structure et de la variabilité de la couche superficielle de l'océan Indien afin d'évaluer, et d'améliorer, les performances des modèles de prévision océaniques dont, en particulier, le modèle NEMO.

2/ L'assimilation de données océaniques in-situ en région tropicale

Les données de bio-logging collectées dans l'océan Austral par les éléphants de mer sont assimilées en routine par le CEPMMT depuis plusieurs années en complément des mesures conventionnelles (et utilisées par Mercator-Océan comme une source indépendante de données pour évaluer les performances du modèle NEMO) en collaboration avec MEMO. En raison de la faible densité des observations in-situ disponibles dans les océans tropicaux, la question de l'assimilation de données in-situ dans les océans tropicaux est, en revanche, plus complexe - Le réseau de profileur ARGO, considéré comme la principale source de données in-situ dans les océans, ne fournit ainsi au mieux qu'une dizaine de profils par semaine dans tout le bassin SOOI. Assimiler ces observations peut dès lors poser des problèmes de représentativité, eux-mêmes susceptibles de dégrader les performances des modèles. Pour cette raison Mercator-Océan n'assimile ainsi aucune donnée in-situ dans le modèle NEMO dans les océans tropicaux.

Une tortue marine pouvant fournir quotidiennement jusqu'à une vingtaine de profils hydrographiques (entre 0 et 300m de profondeur), on peut dès lors imaginer qu'une « flotte » d'une vingtaine d'animaux relâchés à intervalles réguliers – chaque tortue marine est capable de collecter des observations pendant 6 à 12 mois - permettrait de fournir des jeux de données suffisamment denses pour améliorer les performances des modèles. De fait l'un des objectifs de cette thèse consistera à réaliser des expériences d'assimilation dans le modèle NEMO (en configurations globale et régionale) afin d'évaluer l'impact des jeux de données « tortue » sur l'initialisation et les prévisions du modèle.

Méthodologie

Les travaux proposés dans cette thèse s'inscrivent dans la continuité du stage de Master 2 de Mme Marion Bocquet, pendant lequel un important travail préparatoire (analyse métrologique,

développements méthodologiques, intercomparaisons des mesures « tortue » avec des données modèles et satellitaires) a été réalisé. Dans le cadre de cette thèse des collaborations très étroites, dont la plupart existe déjà, seront mises en œuvre avec les chercheurs de Mercator-Océan (P. Gaspar, spécialiste en océanographie/biologie marine et E. Remy, responsable des recherches en assimilation dans NEMO), de Kélonia (Dr. M. Dalleau, spécialiste en télétransmission spatiale et en biologie marine), de MEMO (C. Guinet, responsable du programme de recherche « éléphant de mer ») et de l'Inria (A. Vidard, co-développeur du module d'assimilation variationnel NEMOVAR), permettant ainsi de bénéficier à la fois d'une expertise sur le modèle NEMO et d'outils de monitoring et d'assimilation éprouvés, utilisés depuis plusieurs années sur les populations d'éléphants de mer.

Outre les jeux de données collectés en 2019 et 2020, cette thèse s'appuiera, dès la deuxième année, sur les données collectées dans le cadre du projet INTERREG 5 Océan Indien « STORM », actuellement en cours de montage, et dans le cadre duquel une soixantaine d'animaux seront équipées à La Réunion et aux Seychelles en 2021 et 2022.